

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

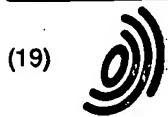
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 988 906 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
29.03.2000 Patentblatt 2000/13

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **B21D 39/02**

(21) Anmeldenummer: 99116335.3

(22) Anmeldetag: 19.08.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 05.09.1998 DE 19840617

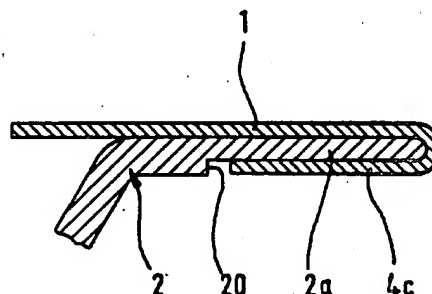
(71) Anmelder: DaimlerChrysler AG  
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: Klamser, Martin, Dr.  
71120 Grafenau (DE)

**(54) Falzverbindung zwischen einem Außenblech und einem Innenblech**

(57) Falzverbindung zwischen einem Außenblech und einem Innenblech, wobei das Außenblech einen ungebogenen, an einer ersten Seite des Innenbleches anliegenden Abschnitt und einen eine Kante des Innenbleches umgebenden Biegeabschnitt aufweist, wobei der Biegeabschnitt einen ersten, sich an den ungebogenen Abschnitt anschließenden, einen Biegeradius aufweisenden Teilabschnitt, einen sich an den ersten Teilabschnitt anschließenden zweiten Teilabschnitt, welcher zusammen mit dem ungebogenen Bereich einen Winkel einschließt, dessen Scheitelpunkt in dem Bereich des ersten Teilabschnitts liegt, und einen sich an den zweiten Teilabschnitt anschließenden dritten Teilabschnitt, der im wesentlichen parallel zu dem ungebogenen Bereich des Außenbleches verläuft und an einer zweiten Seite des Innenbleches anliegt, aufweist.

**Fig. 3**



**EP 0 988 906 A2**

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Falzverbindung zwischen einem Außenblech und einem Innenblech, insbesondere für Kraftfahrzeuge.

[0002] Stahlbleche weisen eine wesentlich höhere Bruchdehnung als beispielsweise Bleche aus Aluminiumlegierungen auf. AlMg0,4Si1,2-Außenhautlegierungen für Kraftfahrzeuge weisen z.B. Bruchdehnungen von etwa 22% auf. Stahlbleche können daher, verglichen mit Blechen aus Aluminiumlegierungen, mit wesentlich kleinerem Falzaußenradius gefalzt werden. Typischerweise erzielbare Falzaußenradien bei Stahlblechen liegen in der Größenordnung des 1,45-fachen der Blechdicke.

[0003] Durch die bei Aluminiumlegierungen und anderen Legierungen vergleichbarer Bruchdehnung herkömmlicherweise auftretenden größeren Falzaußenradien ergeben sich große Bauteildicken sowie große Rundungen an den Bauteilkanten. Dies führt bei dem Einsatz derartiger Werkstoffe an der Kraftfahrzeug-Außenhaut zu optisch sehr breiten Spalten bzw. Lichtkanten. Es ist jedoch wünschenswert, derartige Spalte in der Außenhaut möglichst klein auszubilden.

[0004] Es ist beispielsweise bekannt (siehe beispielsweise Mnif Jamal, Untersuchungen über das Falzen (180° Biegen) von Aluminiumblechen. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben EFB/AiF 8077 am Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart, 1993; oder Wolff, N.P.: Interrelation between Part and Die Design for Aluminium Auto Body Panels. SAE Paper No. 780 392, Detroit, 1978)), daß bei Aluminiumblechen der Legierung AlMg0,4Si1,2 einer Dicke von 1,25 mm zum Abkanten ein Mindestradius von 3,2 mm, d.h. etwa dem 2,5-fachen der Blechdicke notwendig ist. Kleinere Abkantradien führen zu starken Oberflächenaufrauungen und Rissen. Zum anschließenden Falzen ist dann ein sogenannter "relieved Flachfalz" mit einem Außenradius von etwa dem 1,75-fachen der Blechdicke oder ein Tropfenfalz mit einem Außenradius von etwa dem 2,0-fachen der Blechdicke notwendig. Derartige Falzungen weisen jedoch eine relativ geringe Klemmkraft zwischen den aneinandergelätzten Teilen auf, so daß zur Gewährleistung einer dauerhaft stabilen Verbindung zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind.

[0005] Ein Verfahren zum Herstellen einer Falzverbindung zwischen einem Außenblech, welches insbesondere ein Aluminiumblech sein kann, und einem Innenblech einer Kraftfahrzeuggtür ist aus der DE 44 45 579 C1 bekannt. Dort wird ein später umzufaltender Randbereich des Außenbleches zunächst gestreckt und auf eine geringere Wandstärke gebracht, bevor der Falzvorgang eingeleitet wird. Dieses Verfahren wird als sehr aufwendig angesehen, da vor dem eigentlichen Falzen eine sehr genaue Werkzeugführung erfordernde Streckung des Bleches durchgeführt werden muß.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Falzverbindung, mit der auch bei Verwendung von Blechen aus Aluminiumlegierungen oder Legierungen vergleichbarer Bruchdehnung scharfkantige Falzaußenradien ohne die Gefahr von Materialaufrauungen und Rissen erzielbar sind.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Falzverbindung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0008] Erfindungsgemäß ist eine Falzverbindung zur Verfügung gestellt, welche auch bei Verwendung von Aluminiumlegierungen oder Legierungen vergleichbarer Bruchdehnung die Ausbildung geschmeidiger Bauteilkanten bzw. Falzkanten ohne Aufrauungen und Risse gewährleistet. Die erfindungsgemäße Falzverbindung ermöglicht die Ausbildung einer schmalen Lichtkante, d.h. eines kleinen optischen Spaltes, zwischen zwei mit der erfindungsgemäßen Falzverbindung ausgebildeten Bauteilen. Durch den erfindungsgemäß herstellbaren kleineren Biegeradius ist eine größere Klemmkraft zur Fixierung eines Außenbleches an einem Innenblech bereitstellbar. Die erfindungsgemäße Falzverbindung ist beispielsweise bei Aluminiumblechen ohne die Notwendigkeit einer Nachbehandlung herstellbar.

[0009] Zweckmäßigerweise ist der zweite Teilabschnitt des Biegeabschnitts im wesentlichen geradlinig verlaufend ausgebildet. Eine derartige Ausgestaltung ist mit relativ einfach geformten, und daher preiswert herstellbaren Werkzeugen realisierbar.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Außenblech aus einer Aluminiumlegierung, insbesondere aus AlMg0,4Si1,2 oder einer anderen naturharten Aluminiumlegierung, hergestellt. Derartige Legierungen weisen ein geringes Gewicht auf und finden im Automobilbau bevorzugt Anwendung.

[0011] Zweckmäßigerweise ist das Innenblech als gezogenes Blechteil, insbesondere aus einer Stahl-, Magnesium- oder Aluminiumlegierung, oder als Gußteil, insbesondere als Magnesium- oder Aluminiumdruckgußteil, ausgeführt.

[0012] Es ist bevorzugt, daß das Außenblech eine Dicke von 1 bis 1,5 mm, insbesondere 1,25 mm, und das Innenblech eine Dicke von 1,8 mm oder größer, insbesondere von 2 mm oder größer, aufweist. Derartige Blechstärken finden im Automobilbau breite Verwendung, da sie bei relativ geringem Gewicht eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen.

[0013] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Falzverbindung, für die selbständig Schutz begehrt wird, weist das Innenblech in einem Randabschnitt, welcher im wesentlichen dem Biegeabschnitt des Außenbleches gegenüberliegt, eine geringere Dicke auf als außerhalb dieses Bereiches.

[0014] Mit dieser Maßnahme sind die erzielbaren Biegeradien gegenüber dem Stand der Technik noch weiter verkleinerbar.

[0015] Zweckmäßigerweise ist der Randabschnitt mittels einer in dem Innenblech ausgebildeten Stufe

begrenzt. Eine derartige Stufe ist in einfacher Weise in ein Blech einbringbar.

[0016] Zweckmäßigerweise entspricht der für die Abkantung und das Vorfalzen gewählte Biegeradius des Außenbleches etwa dem 2,5 bis 4-fachen, vorzugsweise dem 2,8 bis 3,4-fachen der Dicke des Außenbleches. Durch diese Maßnahme wird die Biegebeanspruchung des für das Außenblech verwendeten Werkstoffes reduziert bzw. relativ klein gehalten, so daß der Werkstoff anschließend in besonders günstiger Weise weiter umformbar oder falzbar ist bzw. weitere sogenannte Umformreserven aufweist.

[0017] Vorteilhafterweise entspricht der Biegeradius nach der Reduzierung des Falzradius etwa dem 1,3 bis 1,7-fachen, insbesondere dem 1,5-fachen der Dicke des Außenbleches.

[0018] Zweckmäßigerweise werden die Verfahrensschritte Falzen des Außenbleches und Reduzierung des Falzradius des Außenbleches mittels eines im wesentlichen winkelförmigen Falzwerkzeugs durchgeführt, dessen den Teilabschnitt 4b des Biegeabschnitts 4 des Außenbleches beaufschlagender Bereich bezüglich des ungebogenen Bereiches des Außenbleches unter dem Winkel  $\alpha$  verläuft. Hierdurch ist die erfindungsgemäße Falzverbindung in einfacher Weise herstellbar.

[0019] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nun anhand der beigefügten Zeichnung im einzelnen beschrieben. In dieser zeigt bzw. zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Werkzeuganordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu Beginn des Vorfalzens des Außenbleches,

Fig. 2 a bis d schematische Seitenansichten einer Werkzeuganordnung während des Falzens und der Reduzierung des Biegeradius des Außenbleches, wobei in Fig. 2d eine erste bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Falzverbindung dargestellt ist, und

Fig. 3 eine zweite bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Falzverbindung in seitlicher Ansicht.

[0020] In den Fig. 1 bis 2d sind die erfindungsgemäß aufeinanderfolgenden Schritte zur Herstellung einer Falzverbindung, beispielsweise für die Tür eines Kraftfahrzeugs, dargestellt.

[0021] Ein bereits abgekantetes Außenblech 1 mit einem Abkantflansch bzw. Steg (im folgenden als Biegeabschnitt 4 bezeichnet) und einem ungebogenen Abschnitt 3 liegt auf einer Auflageplatte 13 auf und wird von einer Gegenhalteplatte 14 festgehalten. Die Abkan-

tung des Außenbleches 1 kann beispielsweise mittels eines (nicht dargestellten) Stempels erfolgen. Der Abkantaußenradius bzw. Biegeradius  $r_a$  entspricht etwa dem 2,8 bis 3,4-fachen der Dicke  $t$  des Außenbleches 1. Bei einer Blechdicke  $t$  von 1,25 mm führt diese Bedingung zu einem Biegeradius von 3,5 bis 4,25 mm.

[0022] Anschließend wird der Biegeabschnitt 4 mittels einer Vorfalzplatte 7, welche eine Einlaufläche 7a mit einem Radius  $R_v$ , der etwa dem 6-fachen der Blechdicke  $t$  entspricht, auf einen Biegewinkel von  $135^\circ$  angekippt. Dieser Zustand ist in Fig. 2a dargestellt, wobei in dieser Figur das abgekantete Außenblech 1 bereits zusammen mit einem Innenblech 2 zwischen der Auflageplatte 13 und der Gegenhalteplatte 14 eingespannt ist. Bei der Anordnung der Fig. 2 ist ferner die Vorfalzplatte 7 durch ein winkelförmiges Falzwerkzeug bzw. eine Fertigfalzplatte 5 ersetzt, mittels derer der weitere Falzvorgang durchgeführt wird.

[0023] Bei Einwirkung der Fertigfalzplatte auf den Biegebereich 4 wird dessen Endabschnitt 4c weiter umgebogen, so daß er bezüglich des ungebogenen Abschnitts 3 des Außenbleches 1 in einem Winkel von etwa  $180^\circ$  verläuft (Fig. 2b). Hierdurch ergibt sich ferner ein sich an den ungebogenen Bereich anschließender Biegeradiusabschnitt 4a. Während dieser Umformung liegt eine reine Biegebeanspruchung des Biegebereichs 4 vor. Der Biegeradius  $r_a$  entspricht im wesentlichen dem Biegeradius  $r_a$  beim Abkanten, so daß im weiteren Verlauf der Umformung eine Radiusreduzierung durchgeführt werden muß.

[0024] Diese Radiusreduzierung stellt eine Stauchbeanspruchung des Biegeabschnitts 4 dar, in deren Verlauf sich der Radius  $r_a$  verkleinert und sich die Innenkante des Biegeabschnitts 4 an das Innenblech 2 anlegt (Fig. 2c). Schreitet die Umformung aufgrund tangentialer Druckspannungen weiter fort, entsteht ein Materialüberschuß im Radiusbereich bzw. Biegeabschnitt 4, welcher zu einer Verlängerung des Biegeabschnitts 4 führt. Gleichzeitig wird aber auch Material in den Biegebereich 4 verdrängt und stößt gegen einen seitlichen Anschlag der Fertigfalzplatte 5. Hierdurch werden zusätzlich radiale Druckspannungen induziert.

[0025] Die Fertigfalzplatte 5 weist einen bezüglich des ungebogenen Abschnitts des Außenbleches 1 schräg verlaufenden Abschnitt 5a auf. Dieser Abschnitt 5a beaufschlagt während des in Fig. 2b bis 2d dargestellten Fertigfalzvorgangs den Biegebereich 4 des Außenbleches 1, so daß sich zwischen dem Endabschnitt 4c und dem Biegeradiusabschnitt 4a ein Abschnitt 4b ergibt, der entsprechend dem Abschnitt 5a der Fertigfalzplatte 5 schräg verläuft. Es ergibt sich insgesamt eine keilförmige Geometrie der erfindungsgemäßen Falzverbindung, wie sie in Fig. 2d dargestellt ist.

[0026] Es konnte in Versuchen gezeigt werden, daß die Falzaußenradien frei ausbilden und nicht in die Fertigfalzplatte eingearbeitet sein müssen. Beispielsweise kann die Fertigfalzplatte 5 mit oder ohne Anschlagsschulter 10 ausgebildet sein, welche in Fig. 2a gestri-

chelt umrandet ist. Bei Verwendung einer Fertigfalzplatte 5 mit Anschlagschulter 10 wird das Bauteilmaß durch die Anschlagschulter festgelegt. Mittels der Anschlagschulter 10 werden zusätzlich zu auftretenden tangentialen Druckspannungen auch radiale Druckspannungen in das Außenblech 1 eingeleitet, wodurch sich die Beanspruchung des Außenbleches am Falz bzw. Biegebereich verringert. Hierdurch ist eine Verbesserung der Oberflächenqualität des gefalzten Außenbleches erzielbar. Ohne Anschlagschulter 10 ergibt sich ein freies Ausformen der Falzaußenkontur und eine Vergrößerung der Falzlänge um etwa 0,2 mm.

[0027] In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Falzverbindung dargestellt, mit der eine Verkleinerung des Falzradius im Vergleich zu herkömmlichen Falzverbindungen möglich ist. Hierbei ist das dickwandige Innenblech 2 mit einer Stufe 20 ausgebildet, so daß sich ein Randabschnitt 2a des Innenbleches 2 geringerer Dicke ergibt, auf den der Biegeabschnitt (Teilabschnitt 4c) des Außenbleches 1 auflegbar ist. Es wäre im Sinne dieser Ausführungsform ebenfalls möglich, zum Abbau auftretender Spannungskonzentrationen die Stufe 20 abgerundet bzw. kontinuierlich auszubilden.

#### Patentansprüche

1. Falzverbindung zwischen einem Außenblech (1) und einem Innenblech (2), wobei das Außenblech (1) einen ungebogenen, an einer ersten Seite des Innenbleches (2) anliegenden Abschnitt(3) und einen eine Kante des Innenbleches (2) umgebenden Biegeabschnitt (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet,

daß der Biegeabschnitt (4) einen ersten, sich an den ungebogenen Abschnitt (3) anschließenden, einen Biegeradius ( $r_b$ ) aufweisenden Teilabschnitt (4a), einen sich an den ersten Teilabschnitt (4a) anschließenden zweiten Teilabschnitt (4b), welcher zusammen mit dem ungebogenen Bereich (3) einen Winkel ( $\alpha$ ) einschließt, dessen Scheitelpunkt in dem Bereich des ersten Teilabschnitts (4a) liegt, und einen sich an den zweiten Teilabschnitt(4b) unmittelbar anschließenden dritten Teilabschnitt (4c), der parallel zu dem ungebogenen Bereich (3) des Außenbleches (1) verläuft und an einer zweiten Seite des Innenbleches (2) anliegt, aufweist.

2. Falzverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Teilabschnitt (4b) des Biegeabschnitts (4) im wesentlichen geradlinig verläuft.
3. Falzverbindung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Außenblech

(1) aus einer Aluminiumlegierung, insbesondere aus AlMg0,4Si1,2 oder einer anderen naturharten Aluminiumlegierung, hergestellt ist.

4. Falzverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Innenblech (2) als gezogenes Blechteil, insbesondere aus einer Stahl-, Magnesium- oder Aluminiumlegierung, oder als Gußteil, insbesondere als Magnesium- oder Aluminiumdruckgußteil, ausgeführt ist.

5. Falzverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Außenblech (1) eine Dicke von 1 bis 1,5 mm, insbesondere 1,25 mm, und das Innenblech (2) eine Dicke von 1,8 mm oder größer, insbesondere von 2 mm oder größer, aufweist.

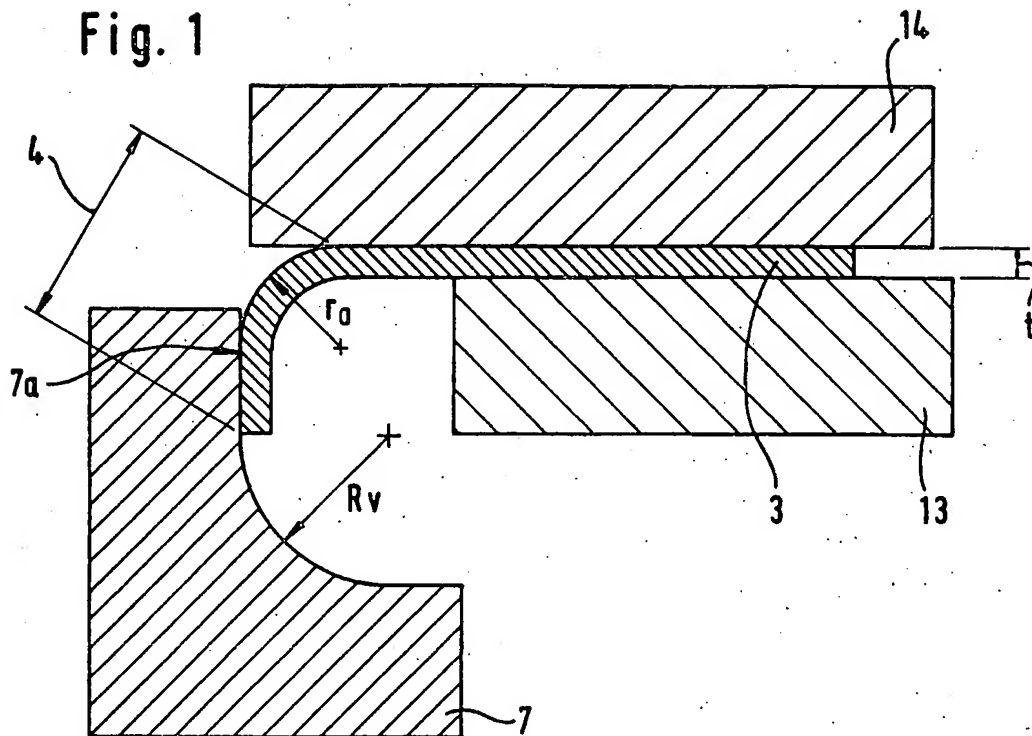
6. Falzverbindung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 oder einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Innenblech (2) in einem Randabschnitt (2a), welcher im wesentlichen dem Biegeabschnitt (4) des Außenbleches (1) gegenüberliegt, eine geringere Dicke aufweist als außerhalb dieses Bereiches (4).

7. Falzverbindung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch eine den Randabschnitt (2a) des Innenbleches (2) begrenzende Stufe (20).

8. Verfahren zur Herstellung einer Falzverbindung zwischen einem Außenblech (1) und einem Innenblech (2), mit folgenden Schritten:

- Einspannen des Außenbleches (1) und des Innenbleches (2) zwischen einer Auflageplatte (13) und einer Gegenhalteplatte (14),
- Abkantung und Umbiegen des Außenbleches (1) unter Aufrechterhaltung eines Biegeradius, welcher etwa dem 2,8 bis 3,4fachen seiner Dicke entspricht, um das Innenblech zum Erhalt eines Biegebereiches (4), dessen Endabschnitt 4c, bezüglich des ungebogenen Abschnitts (3) des Außenbleches (1) in einem Winkel von etwa 180° verläuft,
- Reduzierung des Biegeradius unter Anlegung der Innenkante des Endabschnitts (4c) des Biegeabschnitts (4) an das Innenblech (2), so daß das Außenblech das Innenblech insgesamt keilförmig umgibt.

**Fig. 1**



$R_v = 6t$  (nach N.P. Wolff)

**Fig. 3**

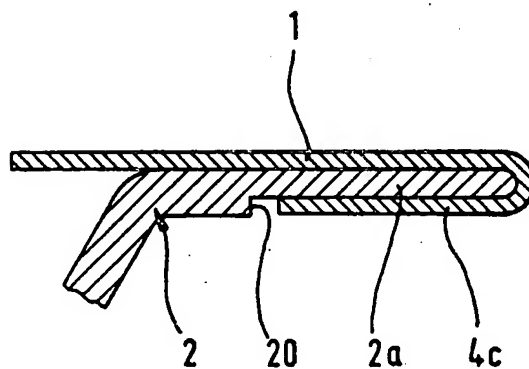
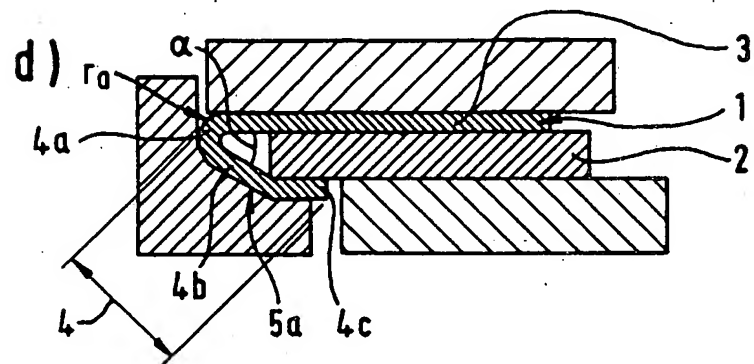
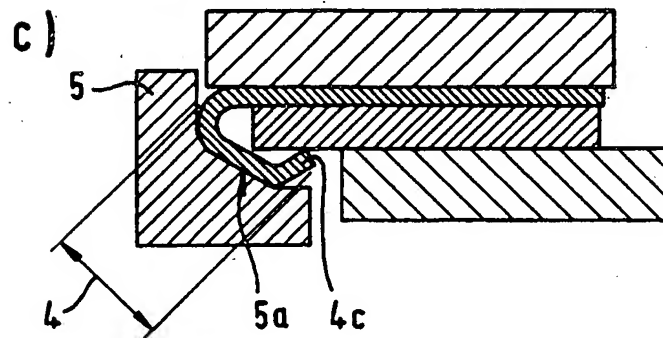
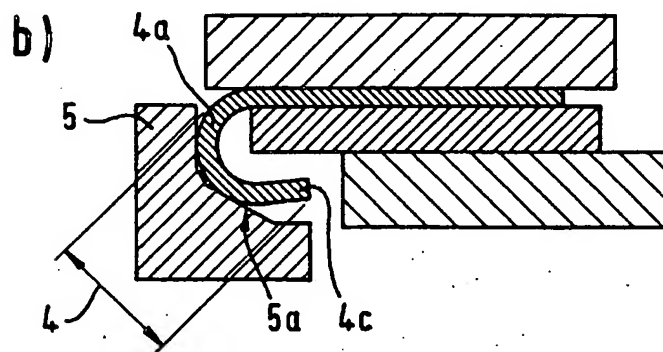
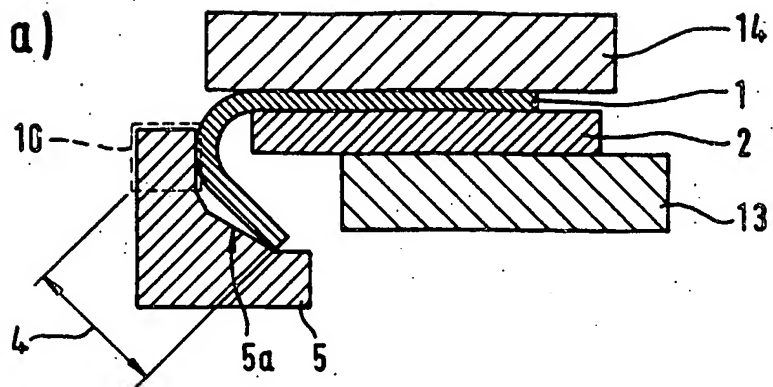


Fig. 2 a)



**EUROPEAN PATENT APPLICATION****FOLD JOINT BETWEEN  
AN OUTER METAL SHEET AND AN INNER METAL SHEET**

Fold joint between an outer metal sheet and an inner metal sheet, whereby the outer metal sheet has an unbent section laying on a first side of the inner metal sheet, and a bent section enveloping an edge of the inner metal sheet, whereby the bent section has a partial section having a curvature radius connected with the unbent section a second partial section connected with the first partial section, which together with the unbent area forms an angle whose apex lies in the areas of the first partial section, and a third partial section attached to the second partial section, which runs basically parallel to the unbent area of the outer metal sheet and rests on a second side of the inner metal sheet.

**DESCRIPTION**

[0001] The present invention concerns a fold joint between an outer metal sheet and an inner metal sheet, in particular for motor vehicles.

[0002] Steel sheets have a considerably greater elongation to failure than for instance sheets made of aluminum alloys for motor vehicles, for example, AlMgO, 4Si1.2-outer-skin alloys for motor vehicles, e.g., elongations to failure of approx. 22%. Therefore, compared to metal sheets of aluminum alloys, it can be folded with considerably smaller folding outer radii. The typically attainable folding outer radii in steel sheets are in the order of magnitude of 1.45 times the sheet thickness.



[0003] Through the greater folding outer radii commonly found in aluminum alloys and other alloys of comparable elongation to failure, large component thicknesses as well as great curvatures are obtained on the component edges. When using such materials on the vehicle's outer skin, this leads to optically very wide gaps or see-through edges. Therefore, it is desirable for such gaps in the outer skin to be as small as possible.

[0004] For instance, it is known (for example, see Mnif Jamal Studies of the folding ( $180^\circ$  curvature) of aluminum sheets. Final report of research project EFB/AIF 8077 of the Institute for Deformation Technology of Stuttgart University, 1993; or Wolff, N.P. "Interrelation between Part and Die Design for Aluminum Body Panels. SAE Paper No. 780 392, Detroit, 1978) that aluminum sheets of alloy AlMgO, 4Si 1.2 of thickness of 1.25 mm require a minimum radius to the edges of 3.2 mm. I.e., approx. 2.5 times the sheet thickness. Smaller edge radii lead to great surface roughness and cracks. Therefore, for connecting folds a so-called "relieved flat fold" with an outer radius of approx. 1.75 times the sheet thickness or a drip fold with an outer radius of approx. 2.0 times the sheet thickness is required. However, such folds possess a relatively low clamping load between the parts folded upon each other, so that additional measures are needed in order to guarantee a continuously stable (sturdy) connection.

[0005] A procedure for the production of a fold joint between an outer metal sheet, which can, in particular, be an aluminum sheet, and an inner metal sheet of a door of a motor vehicles is known from the DE 44 45 579 C1. Here, a boundary area of the outer metal, to be folded later on, is first stretched and brought a low wall thickness, before starting the folding procedure. This procedure is very expensive since before the

actual folding, the sheet metal must be stretched, which requires a very exact tool control.

[0006] The task of the invention is to provide a fold joint by means of which, even when using sheets of aluminum alloys or alloys of comparable elongation-to-rupture, sharp-edged fold outer radii can be obtained without the risk of material roughness and cracks.

[0007] This task is accomplished through a fold joint with the characteristics of claim 1.

[0008] According to the invention, a fold joint is made available, which guarantees the formation of smooth component edges or fold edges without any roughness or cracks even when using aluminum alloys or alloys of comparable elongation to failure. The fold joint according to the invention allows the formation of a narrow light gap, i.e., a narrow optical gap between two components produced with the fold joint according to the invention. Through the smaller bending radius which can be produced according to the invention, a greater clamping load can be made available for the attachment of an outer metal sheet to an inner metal sheet. The fold joint according to the invention can, for instance, be produced in aluminum sheets without the need for post treatment.

[0009] Preferably, the second partial section of the bent section runs basically straight. Such a configuration can be realized with relatively simply shaped, and thus inexpensive tools.

[0010] According to a preferred implementation of the invention, the outer sheet (skin) is made of an aluminum alloy, especially of AlMgO, 4Si 1.2, or another nature

hard aluminum alloy. Such alloys have a low weight and are preferred in automotive construction (design).

[0011] Appropriately, the inner skin is designed as a drawn metal part, in particular of a steel-magnesium- or aluminum alloy, or as a cast piece, in particular as a magnesium- or aluminum die cast.

[0012] Preferably, the outer skin is 1 to 1.5 mm thick, in particular 1.25 mm, and the inner skin is 1.8 mm or more, in particular 2 mm or more. Such metal thicknesses are widely used in automobile manufacturing because they exhibit a sufficient mechanical strength at a relatively low weight.

[0013] According to another preferred implementation of the fold joint according to the invention, for which stand-alone protection is desirable, in a boundary area located opposite the bent section of the outer skin, the inner skin has a lower thickness than outside this area.

[0014] Thanks to this measure, the attainable bending (curvature) gradients can be further reduced, compared to the technological state-of-the-art.

[0015] Appropriately, the boundary section is limited by means of a notch (step) formed in the inner skin. Such a step (notch) can be easily made in a metal sheet.

[0016] Appropriately, The bending curvature of the outer skin corresponds chosen for edging and folding corresponds to approx. 2.5 to 4 times, preferably 2.8 to 3.4 times the thickness of the outer skin. This measure allows us to reduce or keep relatively low the bending stress of the material used for the outer skin, so that the material is further deformable or bendable in an especially favorable manner, or has additional so-called deformation reserves.

[0017] Advantageously, after the reduction of the fold radius, the bending radius corresponds to approx. 1.3 to 1.7 times, in particular 1.5 times the thickness of the outer skin.

[0018] Appropriately, the process steps involving the folding of the outer skin and the reduction of the fold radius of the outer skin are conducted using a basically angular folding tool whose areas touching the partial section 4b of the bent section 4 of the outer skin of the straight (unbent) area of the outer skin enclosing the angle  $\alpha$ . This allows us to easily produce the fold joint according to the invention.

[0019] The preferred implementation modes of the invention are described individually based on the enclosed drawing. Shown in it are:

- Figure 1: a schematic side view of a tool layout for the implementation of the process according to the invention for starting the pre-folding of the outer skin.
- Figure 2: schematic side views of a tool layout during the folding and reduction of the bending radius of the outer skin, whereby figure 2 shows a first implementation mode of the fold joint according to the invention; and
- Figure 3: a second preferred implementation of the fold joint according to the invention in side view.

[0020] Figures 1 and 2 show the sequential steps according to the invention for the production of a fold joint, for example for the door of a motor vehicle.

[0021] An already edge-bent outer skin 1 with an edge flange or bridge (hereinafter called bent section 4) and a straight section 3 lies on a support plate 13 and is fastened by a pressure plate (holding plate) 14. The edging of the outer skin 1 can, for example, be done using a die (not shown). The outer skin radius or bending radius

$r_a$  corresponds to approx. 2.8 to 3.4 times the thickness  $t$  of the outer skin 1. With a skin thickness  $t$  of 1.25 mm, this condition leads to a bending radius of 3.5 to 4.25 mm.

[0022] Subsequently the bent section 4 is tipped (tilted) at a  $135^\circ$  bending angle by means of a pre-fold plate 7 having a run-in surface 7a with a radius  $R_v$ , corresponding to approx. 6 times the skin thickness. This condition is shown in figure 2, whereby in this figure the edge-bent outer skin 1 is already clamped together with an inner skin 2 between the support plate 13 and the holding plate 14. Furthermore, in the configuration of figure 2, the pre-fold plate 7 is replaced with an angular folding tool 5, by means of which the further folding process occurs.

[23] By the action of the finish-fold plate on the bending area 4, its end section 4c is further curved, so that it runs at an approx.  $180^\circ$  angle relative to the straight section 3 of the outer skin 1 (figure 2b). The result is an additional bending-radius section 4a attaching itself to the straight area. During this deformation, a purely bending stress of the bending area 4 is present. The bending radius  $r_a$  basically corresponds to the bending radius  $r_a$  during the edge-bending so that in a further deformation process, the radius can be reduced.

[0024] This radius reduction represents a buckling stress of the bent section 4, during the course of which the radius  $r_a$  is reduced and the inner edge of the bent section 4 attaches itself to the inner skin 2 (figure 2c). If, due to the tangential compressive stresses, this deformation continues, an excess of material forms in the radius area or bending section 4, which leads to an elongation of the bending section 4. However, the material in the bending area 4 is simultaneously displaced and thereby

simultaneously being forced against a lateral stop of the finish-fold plate 5. This causes additional radial compressive stresses.

[0025] The finish-fold plate 5 has a section 5a slanted relative to the straight section of the outer skin 1. During the finish-fold process shown in figures 2b to 2d, this section 5a impacts upon the outer skin 1, so that a section 4b forms between the end section 4c and the bending-radius section 4a, which is tilted relative to the section 5a of the finish-fold plate 5. A wedge-like shape of the fold joint according to the invention results, as figure 2d shows.

[0026] In tests it can be shown that the fold outer radius must be built independently and not be worked into the finish-fold plate. For example, the finish-fold plate 5 can be designed with or without stop shoulder 10, which in figure 2a is enclosed by the dashed lines. When using a finish-fold plate 5 with a stop shoulder 10, the size of the component size determined by the stop shoulder. Through the stop shoulder 10, in addition to the occurring tangential compressive stresses, radial compressive stresses as also introduced in the outer skin 1, whereby the stress of the outer skin on the fold or bending area is reduced. The result is an improvement of the surface quality of the folded outer skin. Without the stop shoulder 10, a free configuration of the fold outer contour and a fold length increased by approx. 0.2 mm are achieved.

[0027] Figure 3 shows another implementation mode of a fold joint according to the invention, allowing a reduction of the fold radius compared to conventional fold joints. Hereby, the thick walled inner skin 2 is formed in a step 20 so that a boundary section 2a of the inner skin 2 of lower thickness is obtained, on which the bent section (partial section 4c) of the outer skin 1 can rest. Within the scope of this implementation

mode it would also be possible to round up or continuously develop the step 20 in order to destroy the occurring stress concentrations.

## **PATENT CLAIMS**

1. Fold joint between an outer skin (1) and an inner skin (2), in which the outer skin (1) has a straight section (3) resting on a first side of the inner skin (2) and a bent section (4) surrounding an edge of the inner skin (2), characterized in that the bent section (4) has a partial section (4a) joined to the straight section (3), having a bending radius ( $r_a$ ), a second partial section (4b) attached to the first partial section (4a) which together with the straight section (3) encloses an angle ( $\alpha$ ) whose apex lies in the area of the first partial section (4a) and having a third partial section (4c) directly attached to the second partial section (4b) running parallel to the straight section of the outer skin (1) and resting against a second side of the inner skin (2).
2. Fold joint as per claim 1, characterized in that the second partial section (4b) of the bent section (4) is basically straight.
3. Fold joint as per either claim 1 or 2, characterized in that the outer skin (1) is made of an aluminum alloy, in particular AlMgO, 0.4Si 1.2 or another naturally hard aluminum alloy.
4. Fold joint as per any one of the above claims, characterized in that the inner skin (2) is made of a drawn metal-sheet component, in particular of a steel-, magnesium-, or aluminum alloy, or of a die cast in particular a magnesium or aluminum die cast.

5. Fold joint as per any one of the above claims, characterized in that the outer skin (1) has a thickness of 1 to 1.5 mm, in particular 1.25 mm, and the inner skin (2) a thickness of 1.8 mm or greater, in particular 2 mm or greater.
6. Fold joint according to the generic terms of patent claim 1, characterized in that the inner skin (2), in the boundary section (2a) basically opposite the bent section (4) of the outer skin (1) has a thickness lower than outside this area (4).
7. Fold joint as per claim 6, characterized by a step (notch) 20 delimiting the boundary section (2a) of the inner skin (2).
8. Process for the production a fold joint between an outer skin (1) and an inner skin (2) with the following steps:
  - Clamping of the outer skin (1) and the inner skin (2) between a support plate (13) and a holding plate (14).
  - Edging and bending the outer skin (1) while maintaining a bending radius corresponding to approx. 2.8 to 3.4 times of its thickness in order to obtain a bent area (4) whose end section 4c encloses an angle of approx.  $180^{\circ}$  relative to the straight section (3) of the outer skin (1).
  - Reduction of the bending radius by resting the inside edge of the end section (4c) of the bent section (4) on the inner skin (2), so that the outer skin surrounds the inner skin in a wedge-like shape.



**FOLD JOINT BETWEEN AN OUTER METAL SHEET**  
**AND AN INNER METAL SHEET**

Fold joint between an outer metal sheet (skin) and an inner skin, in which the outer skin has a straight section laying on a first side of the inner skin and a bent section enveloping an edge of the inner skin, whereby the bent section has a first a partial section having a bending radius attached to a first straight section; a second partial section attached to the first partial section, which together with the straight area enclosed an angle whose peak is located in the area of the first partial section, and a third partial section attached to the second partial section, running basically parallel to the straight area of the outer skin and is attached to a second side of the inner skin.